

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

003092207

WPI Acc No: 1981-K2255D/198140

Small brushless DC motor with permanent magnet field - has close coupling
between stator winding paths to assist energy transfer during commutation

Patent Assignee: PAPST MOTOREN KG (PAPN)

Inventor: MUELLER R

Number of Countries: 004 Number of Patents: 007

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 3010435	A	19810924	DE 3051073	A	19800319	198140 B
FR 2478896	A	19810925			198144	
GB 2075288	A	19811111	GB 818534	A	19810318	198146
US 4374347	A	19830215			198309	
GB 2075288	B	19840815			198433	
DE 3051073	A	19870219	DE 3010435	A	19800319	198708
DE 3010435	C	19870806			198731	

Priority Applications (No Type Date): DE 3010435 A 19800319; DE 3051073 A
19800319

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
DE 3010435	A		28		

Abstract (Basic): DE 3010435 A

The stator winding arrangement and static switching circuit is used to limit transient commutation voltages and also recoup energy from the winding which is turning off. The winding is divided into parallel paths (20,21) in the normal manner. One end (a1) of one winding (20) is connected through a pnp transistor (57) to the positive supply pole (33), the other end (e1) being directly coupled to the negative pole (35). The complementary winding (21) is connected through an npn device (58) to the negative pole with its opposite end (e2) to the positive.

The windings are formed so that they are closely coupled (simulated by 47). The transistors are controlled by a rotor position sensing circuit (25,53). Normal antiparallel diodes (59,60) are provided across the transistors. At switch off, the combination of close coupling and antiparallel diodes limits winding and hence transistor voltages and also gives good utilisation of energy stored in the winding.

3

Title Terms: BRUSH; DC; MOTOR; PERMANENT; MAGNET; FIELD; CLOSE; COUPLE;
STATOR; WIND; PATH; ASSIST; ENERGY; TRANSFER; COMMUTATE

Derwent Class: Q56; V06

International Patent Class (Additional): F04D-025/08; H02K-029/02;
H02P-006/02

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): V06-M03; V06-M08

?

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 30 10 435 A 1**

⑤① Int. Cl. 3:
H 02 K 29/02

②① Aktenzeichen:	P 30 10 435.9-32
②② Anmeldetag:	19. 3. 80
④③ Offenlegungstag:	24. 9. 81

Behördenbesitz

⑦① Anmelder:
Papst-Motoren KG, 7742 St Georgen, DE

⑦② Erfinder:
Müller, Rolf, Dipl.-Ing. Dr.-Ing., 7742 St. Georgen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Kollektorloser Gleichstrommotor**

DE 30 10 435 A 1

PAPST-MOTOREN KG
7742 St. Georgen

STUTTGART, DEN 10.3.1980
ANWALTSAKTE: P61.120130

3010435

Patentansprüche

1. Kollektorloser Gleichstrommotor mit einer durch zwei .
ganzzahlig teilbaren Strang- und Pulszahl (Pulszahl = Zahl
der Stromimpulse in der Statorwicklung pro Rotordrehung von
 360° el.) und mit von rotorstellungsabhängigen Sensormitteln
gesteuerten Halbleitersteuermitteln zum Steuern der Stator-
ströme in den einzelnen Strangpaaren, ferner mit diesen
Halbleitersteuermitteln antiparallel geschalteten Dioden
oder dergleichen zum Rekuperieren der in den einzelnen
Wicklungssträngen gespeicherten Energie bei der Kommu-
tierung,
dadurch gekennzeichnet,
a) daß bei mindestens einem Strangpaar (20, 21 bzw. 20', 21')
a1) der eine Wicklungsstrang (21; 21') mit einem Ende (a2)
über Halbleitersteuermittel eines Leitungstyps (z.B. npn-
Transistor 58; 75; 81) mit dem einen Pol (z.B. Minuspol)
des Gleichstromnetzes und
a2) der andere Wicklungsstrang (20; 20') mit einem Ende (a1)
über Halbleitersteuermittel des entgegengesetzten Leitungs-
typs (z.B. pnp-Transistor 57; 69; 80) mit dem anderen
Pol (z.B. Pluspol) des Gleichstromnetzes
a3) gesteuert von den Sensormitteln (25) alternierend ver-
bindbar ist,
b) daß der eine Wicklungsstrang (21; 21') dieses einen
Strangpaares mit seinem anderen Ende (e2) an den anderen
Pol (z.B. Pluspol) und der andere Wicklungsstrang (20;
20') dieses Strangpaares mit seinem anderen Ende (e1)

an den einen Pol (z.B. Minuspol) des Gleichstromnetzes anschließbar ist,

- c) und daß die mit den Halbleitersteuermitteln verbundenen Enden (a1, a2) der Wicklungsstränge (20, 21 bzw. 20', 21') wechselspannungsmässig eine enge Kopplung (47; Fig. 4) aufweisen, um bei der Kommutierung die Energie aus einem gerade abzuschaltenden Wicklungsstrang jeweils über diese Kopplung und die den Halbleitersteuermitteln des anderen Wicklungsstranges zugeordnete antiparallel Diode (59, 60; 80'', 81'') zu rekuperieren.
2. Motor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklungsstränge (20, 21; 20', 21') eines Strangpaares induktiv gekoppelt sind, und daß die mit den Halbleitersteuermitteln verbundenen Enden (a1, a2) der Wicklungsstränge dieses Strangpaares im Sinne der Punktkonvention identisch, also wirkungsgleich, sind.
3. Motor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zum Erzeugen einer sehr engen transformatorischen Kopplung die Wicklungsstränge (20', 21') eines Strangpaares paralleladrähtig gewickelt sind (sogenannte "bifilare" Wicklung) (Fig. 4).
4. Motor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Koppelglied zum Erzeugen der engen Kopplung ein Koppelkondensator (47) zwischen den mit den Halbleitersteuermitteln verbundenen Enden (a1, a2) der Wicklungsstränge eines Strangpaares angeordnet ist.
5. Motor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Energiespeichervermögen des Koppelkondensators (47) größenordnungsmässig der beim Kommutierungsvorgang aus einem Wicklungsstrang ins Gleichstromnetz oder ein Speicherglied (45) des Motors (10) rückzuspeisenden Energie entspricht.

6. Motor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Halbleitersteuermittel als Transistoren (57, 58; 69, 75; 80, 81) entgegengesetzten Leitungstyps ausgebildet sind, und daß zu ihrer Ansteuerung Sensormittel (25) mit nur einem rotorstellungsabhängigen Ausgangssignal entsprechenden Spannungshubs vorgesehen sind, welches Ausgangssignal beiden Transistoren zuführbar ist und diese alternierend leitend steuert bzw. sperrt.
7. Motor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Motor ein Speicherkondensator (45) für die beim Kommutieren aus den einzelnen Wicklungssträngen (20, 21, bzw. 20', 21') rückgespeisten Energieimpulse (i_{59} , i_{60}) vorgesehen ist.
8. Motor nach den Ansprüchen 4 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Speicherkondensator (45) eine Kapazität von Nanofarad und aufwärts aufweist.
9. Motor nach den Ansprüchen 3 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Speicherkondensator (45) eine Kapazität in der Größenordnung von Mikrofarad und aufwärts aufweist.
10. Motor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das rotorstellungsabhängige Ausgangssignal den Transistoren entgegengesetzten Leitungstyps über ein Widerstandsnetzwerk (53; 65; 82) zuführbar ist.
11. Motor nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß in den Verbindungen vom Widerstandsnetzwerk (65; 82) zu den Steuerelektroden der Transistoren entgegengesetzten Leitungstyps jeweils ein Koppelkondensator (68, 74 bzw. 87, 89) vorgesehen ist, dem eine Entladeschaltung zugeordnet ist.

12. Motor nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Koppelkondensatoren Kapazitätswerte in der Größenordnung von Mikrofarad aufweisen.
13. Motor nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die rotorstellungsabhängigen Sensormittel als Hall-IC (25) ausgebildet sind, der direkt mit dem einen Pol (35) des Gleichstromnetzes verbindbar ist, und daß das Widerstandsnetzwerk einen ersten Widerstand (73; 88) aufweist, der vom Ausgang (50) dieses Hall-IC (25) zur Steuerelektrode der an den gleichen Pol angeschlossenen Halbleitersteuermittel (75; 81) führt, einen zweiten Widerstand (66; 85), der von diesem Ausgang (50) zum anderen Pol (33) führt, und einen dritten Widerstand (67; 86), der von diesem Ausgang zur Steuerelektrode der an den anderen Pol angeschlossenen Halbleitersteuermittel (69; 80) führt.
14. Motor nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Ausgang (50) des Hall-IC (25) und dem zweiten und dritten Widerstand (85 und 86) ein Konstantspannungsglied, insbesondere eine Zenerdiode (84), zum Schutze des Ausgangs (50) des Hall-IC (25) gegen zu hohe Betriebsspannungen vorgesehen ist.
15. Motor nach Anspruch 13 oder 14, und nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß der erste (73; 88) und der dritte (67; 86) Widerstand jeweils mit einem Koppelkondensator (74, 68 bzw. 89, 87) in Reihe geschaltet sind.
16. Motor nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der betreffende Koppelkondensator (74, 68 bzw. 89, 87) in Reihe mit der Steuerelektrode der betreffenden Halbleitersteuermittel (69, 75 bzw. 80, 81) und dem ersten (73; 88) bzw. dem dritten (67; 86) Widerstand liegt.

17. Motor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zum Steuern der Ströme eines Strangpaares vorgesehenen Halbleitersteuermittel als komplementäre Transistoren, vorzugsweise als komplementäre Darlingtontransistoren (80, 81), ausgebildet sind.
18. Verwendung zum Antrieb eines Gerätelüfters, insbesondere eines Gerätelüfters axial kurzer Bauweise.

PATENTANWALT RAIBLE
7000 STUTTGART 1
BIRKENWALDSTRASSE 213
(NAHE KUNSTAKADEMIE/KILLESBERG)

TELEFON (0711) 253322
TELEGRAMME: ABELPAT STUTTGART
POSTSCHECK STUTTGART 74400-708
LANDESGIROKASSE STUTTGART 2915076

PATENTANWALT
DIPLOM. HANS RAIBL

PAPST-MOTOREN KG
7742 St. Georgen

- 6 - STUTTGART, DEN 10.3.1980
ANWALTSAKTE P61.120130

3010435

Kollektorloser Gleichstrommotor

Die Erfindung betrifft einen kollektorlosen Gleichstrommotor nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Kollektorlose Gleichstrommotoren werden gewöhnlich aus einem zweipoligen Gleichstromnetz gespeist, z.B. aus der Batterie eines Fahrzeugs (12 Volt oder 24 Volt), der Batterie eines Telefonamts (48 Volt oder 60 Volt), oder aus dem Niederspannungsteil eines Schaltschranks. Man hat also gewöhnlich nur ein zweipoliges Gleichstromnetz zur Verfügung. Dies beschränkt die Auswahl der verfügbaren Schaltungen, vergl. hierzu den Aufsatz von Dr. Rolf Müller, "Zweipulsige kollektorlose Gleichstrommotoren" in der Zeitschrift "asr-digest für angewandte Antriebstechnik",^{*)} und dort die Bilder 1 bis 6. Steht nämlich ein dreipoliges Gleichstromnetz zur Verfügung, also z.B. + 12 Volt, Masse, und - 12 Volt, so kann man sehr einfache Schaltungen angeben, wie sie die Bilder 2 und 5 dieser Literaturstelle zeigen, und man hat praktisch keine Probleme mit den beim Abschalten in den Wicklungen auftretenden induzierten Spannungen. Man kann auch künstlich ein solches dreipoliges Netz schaffen, indem man mittels zweier Kondensatoren einen künstlichen Nullpunkt schafft, benötigt dann aber Kondensatoren erheblicher Baugröße, z.B. für einen 24 Volt-Motor mit vier Watt Leistungsaufnahme zwei Kondensatoren von je 220 μ F, 35 Volt. Außerdem besteht Kurzschlußgefahr, wenn beide Endstufentransistoren gleichzeitig eingeschaltet werden, und das macht besondere Schutzmaßnahmen erforderlich.

Bei einem zweipoligen Gleichstromnetz kann man entweder eine - relativ aufwendige - Vollbrückenschaltung verwenden, wie sie

^{*)} 1977, S. 27 bis 31 (Heft 1-2)

130039/0672
- 7 -

3010435

Bild 5 der genannten Literaturstelle zeigt, oder aber eine in Stern geschaltete Wicklung, bei einem zweisträngigen, zweipulsigen Motor also eine in der Mitte angezapfte Wicklung, vergl. Bild 3 der Literaturstelle, und bei einem vierpulsigen Motor vier Wicklungsstränge, die im Stern geschaltet sind, vergl. Bild 6 der Literaturstelle.

Eine Vollbrückenschaltung nützt zwar das Wicklungskupfer gut aus und ermöglicht auch eine gute Rekuperierung der bei der Kommutierung freiwerdenden induktiven Energien, erfordert aber auf der Elektronikseite einen hohen Aufwand, nämlich vier Endstufentransistoren, vier Ansteuersignale für diese Transistoren, davon zwei im Gegentakt, und außerdem müssen die Ansteuersignale zeitlich getrennt sein, denn wenn zwei in Reihe am Gleichstromnetz liegende Transistoren auch nur während weniger Mikrosekunden gleichzeitig eingeschaltet sind, werden sie durch den auftretenden Kurzschlußstrom zerstört. Zuverlässig arbeitende Motoren erfordern deshalb einen entsprechend großen Aufwand.

Die Anordnung mit in der Mitte angezapfter Wicklung (Bild 3 der genannten Literaturstelle) wird in der Praxis viel verwendet, denn sie benötigt nur zwei Endstufentransistoren, nur eine zweipolige Spannungsquelle, und es besteht keine Kurzschlußgefahr, auch wenn beide Endstufentransistoren kurzzeitig gleichzeitig leiten; das reduziert nur den Wirkungsgrad. Nachteilig ist aber hier, daß die bei der Kommutierung freiwerdende Energie nur schwierig rekuperiert werden kann und in der Praxis hohe Spannungsspitzen an dem jeweils abzuschaltenden Wicklungsstrang verursacht, die nur mit Zenerdioden oder - wenig wirksamen - RC-Gliedern unterdrückt werden können. Alternativ kann man diese Spannungsspitzen nach der Lehre des DBP 2 612 464 dadurch vermeiden, daß man die Ströme in den einzelnen Wicklungssträngen "sanft" abschaltet, doch erfordert das ebenfalls zusätzlichen Aufwand.

Eine gewisse Verbesserung läßt sich nach der Lehre der DE-OS 2 239 167 dadurch erzielen, daß man bei einem solchen Motor nach Bild 3 der genannten Literaturstelle als die beiden Wicklungsstränge paralleldrähtig ausführt. Dadurch ist eine enge Kopplung der beiden Wicklungsstränge gegeben, und man vermeidet die erwähnten Spannungsspitzen. Außerordentlich nachteilig wirkt sich aber hier ein Umstand aus, den man nicht auf den ersten Blick erkennt: Über der gesamten Länge beider Wicklungsdrähte liegt eine Rechteckspannung mit der vollen Amplitude der

Betriebsspannung, also z.B. bei einer Betriebsspannung des Motors von 24 V eine Rechteckspannung von etwa 48 V, und diese Rechteckspannung hat zudem noch steile Flanken. Beides, also die relativ hohe Spannung, und besonders die steilen Spannungsflanken, beanspruchen die Wicklungsisolation stark und "zermürben" sie mit der Zeit. Die Anwendung dieser Wicklungsart ist deshalb auf kleine Betriebsspannungen (12 ... 24 V) beschränkt, bzw. bei höheren Spannungen oder höheren Anforderungen an die Zuverlässigkeit ist die Verwendung von doppelt lackisolierten Drähten erforderlich.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ausgehend von dieser kaum überschaubaren Vielzahl bekannter Lösungen einen Motor aufzuzeigen, der für den Betrieb an einem zweipoligen Gleichstromnetz geeignet ist, der eine möglichst vollständige Rekuperation der in den Wicklungssträngen beim Abschalten induktiv gespeicherten Energie ermöglicht, keine Spannungsspitzen an dem jeweils abzuschaltenden Wicklungsstrang hervorruft, bei dem ferner die Isolation der Wicklungsstränge nicht im Übermaß gefährdet ist, und dessen Halbleitersteuermittel möglichst einfach ansteuerbar sind, oder anders gesagt, dessen Auswahlschaltung sehr einfach und preiswert aufgebaut sein kann.

Diese Aufgabe wird nach der Erfindung gelöst durch die im Anspruch 1 angegebenen Maßnahmen. Über die im Anspruchselement c) genannte Kopplung kann die induktiv in den Wicklungssträngen gespeicherte Energie praktisch vollständig rekuperiert werden, so daß an den abzuschaltenden Wicklungssträngen keine störenden

Spannungsspitzen auftreten können. Außerdem treten zwischen den beiden Wicklungssträngen eines Strangpaares keine Spannungsdifferenzen auf, die größer sind als die Betriebsspannung. Auch treten praktisch keine Schaltspannungen auf, welche die Isolation "zermürben" könnten, d.h. zwischen den Wicklungssträngen liegt praktisch eine Gleichspannung, so daß selbst bei parallel-drähtiger Ausführung, welche im Rahmen der Erfindung große Vorteile bietet, die Beanspruchung der Wicklungsisolation niedrig ist und eine lange Lebensdauer und hohe Zuverlässigkeit erwarten läßt.

Die enge wechsellspannungsmässige Kopplung gemäß dem Anspruchselement c) ist entscheidend für die vollständige Rückspeisung der induktiv gespeicherten Energie und die Unterdrückung von Spannungsspitzen, da der abschaltende Wicklungsstrang die in ihm gespeicherte Energie nicht direkt an das Netz (oder einen Speicherkondensator) abgeben kann, sondern indirekt über die Freilaufdiode, die dem gerade im Einschalten begriffenen Halbleitersteuerglied, das dem anderen Wicklungsstrang zugeordnet ist, antiparallel geschaltet ist. Durch die Erfindung wird also eine "Energiebrücke" zwischen dem gerade abschaltenden und dem gerade einschaltenden Wicklungsstrang geschaffen, die die induktiv gespeicherte Energie des einen Wicklungsstranges möglichst verlust- und verzögerungsfrei auf den anderen Wicklungsstrang überträgt, der diese Energie über die ihm zugeordnete Freilaufdiode an das Netz (bzw. einen Speicherkondensator) abgibt und damit unschädlich macht. Die Übertragung dieser Energie erfolgt dabei ohne Gefährdung der Wicklungsisolation durch hohe Spannungsspitzen, im Gegensatz zu der Lösung nach der erwähnten DE-OS 2 239 167.

Es ergibt sich außerdem ein weiterer, wichtiger Vorteil: Die beiden im Anspruchselement a) genannten Halbleitersteuermittel entgegengesetzten Leitungstyps lassen sich von einer einzigen Signalquelle aus ansteuern, d.h. die Kommutierungssteuerung, auch Auswahl-schaltung genannt, wird außerordentlich einfach und preiswert.

Weitere Einzelheiten und vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den im folgenden beschriebenen und in der

Zeichnung dargestellt, in keiner Weise als Einschränkung der Erfindung zu verstehenden Ausführungsbeispielen, sowie aus den Unteransprüchen. Es zeigt:

- Fig. 1a eine schematische Darstellung eines zweisträngigen, zweipulsigen Außenläufermotors bekannter Bauart,
- Fig. 1b die Darstellungsweise der beiden Wicklungsstränge des Motors nach Fig. 1 nach der sogenannten Punktkonvention (dot convention) zur Darstellung des Vorzeichens der Gegeninduktivität,
- Fig. 2 die Darstellung einer Kommutiersteuerschaltung für den Motor der Fig. 1, nach dem Stand der Technik,
- Fig. 3 ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Motors,
- Fig. 4 die schematische Darstellung einer Wicklungsanordnung mit parallelgeführten Drähten, sowie die zugehörige Darstellung nach der Punktkonvention,
- Fig. 5 ein Schaubild zur Erläuterung des Motors nach Fig. 3,
- Fig. 6 ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung, und
- Fig. 7 ein drittes, bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig. 1 zeigt einen Außenläufermotor 10 mit einem äußeren, als durchgehender Magnetring ausgebildeten zweipoligen Rotor 11, dessen Magnetisierung etwa trapezförmig ausgebildet ist, also mit einer praktisch konstanten Induktion im Bereich der Pole, und mit schmalen Pollücken.

In Fig. 1 sind die Stellen mit praktisch konstanter Induktion für den Nordpol durch Schraffieren und für den Südpol mit grauer

Farbe symbolisch angedeutet, um das Verständnis der Erfindung zu erleichtern. Der Rotor 11 ist als radial magnetisiertes permanentmagnetisches Teil, z.B. aus Bariumferrit oder einem "Gummimagneten", ausgebildet. Die beiden Pollücken sind ebenfalls symbolisch angedeutet und mit 12 und 13 bezeichnet. Fig. 1 zeigt den Rotor 11 in einer seiner beiden stabilen Ruhestellungen, die er bei stromlosem Zustand des Motors einnehmen kann. Diese Ruhestellungen sind durch die Form des Luftspalts und die Form der Magnetisierung bestimmt. Im Betrieb läuft der Rotor 11 in Richtung des Pfeiles 14.

Der Stator 15 des Motors 10 ist als Doppel-T-Anker mit einem oberen Pol 16 und einem unteren Pol 17 ausgebildet, welche beide etwa die Umrißform eines Regenschirms haben, also jeweils fast den ganzen Polbogen umspannen, und welche zwischen sich zwei Nuten 18 und 19 einschließen, in denen zwei Wicklungsstränge 20 und 21 einer zweisträngigen Wicklung angeordnet sind. Die Anschlüsse des Wicklungsstranges 20 sind mit a1 und e1 bezeichnet, die des Wicklungsstranges 21 mit a2 und e2. Die Wicklungen 20 und 21 haben gleiche Windungszahlen und den gleichen Wicklungssinn, d.h. wenn ein Gleichstrom von a1 nach e1 fließt, ergibt sich identisch dieselbe Magnetisierung des Stators 15, wie wenn derselbe Gleichstrom von a2 nach e2 fließt. In diesem Falle ergibt sich die Punktdarstellung gemäß Fig. 1b, d.h. die Wicklung 20 hat den Punkt beim Anschluß a1, die Wicklung 21 beim Anschluß a2. Diese Darstellung wird auch in den folgenden Figuren in gleicher Weise angewendet.

Rotorstellungsabhängige Sensormittel 25, hier ein Hall-IC, sind in einer Winkelstellung am Stator 15 angeordnet, die etwa der Öffnung der Nut 18 entspricht oder gegenüber dieser Öffnung entgegen der Drehrichtung 14, also entgegen dem Uhrzeigersinn, um einige Grad versetzt ist. Der Hall-IC 25 wird hier durch das Magnetfeld des permanentmagnetischen Rotors 11 gesteuert und gibt abhängig von der Rotorstellung ein Signal ab, das entweder hoch oder tief ist, also bei Drehung des Rotors 11 praktisch ein Rechtecksignal darstellt, dessen hohe und tiefe Abschnitte jeweils

etwa 180° el. lang sind.

Der Luftspalt 26 über dem Statorpol 16 und der Luftspalt 27 über dem Statorpol 17 sind in besonderer Weise ausgebildet. Ausgehend von der Nut 18 nimmt, in Drehrichtung 14 gemessen, der Luftspalt 26 während etwa $10...15^\circ$ monoton bis zu einer ersten Stelle 30 zu, an welcher er sein Maximum erreicht. Von da an nimmt der Luftspalt 26 über etwa 170° monoton ab bis etwa zur Öffnung der Nut 19, wo er seinen Minimalwert d1 erreicht. Der Luftspalt 27 hat wie dargestellt einen identischen Verlauf. Diese Luftspaltform, im Zusammenwirken mit der beschriebenen Art der Magnetisierung des Rotors 11, bewirkt im Betrieb die Entstehung eines Reluktanzmoments bestimmter Form, wie das ausführlich in der DE-PS 2 346 380 beschrieben ist, auf die zur Vermeidung von Längen verwiesen werden kann. - Naturgemäß kann statt eines Motors der in Fig. 1 beschriebenen Art auch ein Flachmotor mit eisenlosem Stator nach der bereits erwähnten DE - OS 2 239 167 verwendet werden, oder z.B. ein vierpulsiger, viersträngiger Motor, wie er in der eingangs genannten Literaturstelle als bei Bild 6 dargestellt ist. Die Erfindung ist also in keiner Weise auf die Ausführungsform der Fig. 1 beschränkt, sondern diese dient nur dazu, die Erfindung an einem konkreten Beispiel verständlich zu machen.

Fig. 2 zeigt eine übliche Schaltung für den Motor der Fig. 1. Eine Plusleitung 33 liegt an einer positiven Betriebsspannung U_B , z.B. von einer Batterie 34, und eine Minusleitung 35 kann z.B. am Minuspol der Batterie 34 (z.B. 12, 24 oder 48 V) angeschlossen sein. Die Anschlüsse e1 und a2 der beiden Wicklungsstränge 20 und 21 sind mit der Plusleitung 33 verbunden, die Anschlüsse a1 und e2 mit den Kollektoren zweier npn-Transistoren 36 und 37, deren Emitter an der Minusleitung 35 liegen und zu denen jeweils eine Diode 38 bzw. 39 antiparallel geschaltet ist. - Die rotorstellungsabhängigen Sensormittel 25 steuern eine sogenannte Auswahl-schaltung 42, an deren Ausgänge die Basen der Transistoren 36 und 37 angeschlossen sind. Wenn der Transistor 37 ein positives Signal 43 erhält, damit Strom im Wicklungs-

strang 21 fließt, muß der Transistor 36 gleichzeitig ein negatives Signal 44 erhalten, damit er sperrt, und dasselbe gilt mit umgekehrtem Vorzeichen, wenn der Transistor 36 leiten und der Transistor 37 sperren soll. Man benötigt also antivalente Signale 43, 44, und der Aufbau der Auswahlhaltung 42 wird entsprechend kompliziert, besonders, wenn man eine "sanfte" Abschaltung der Ströme in den Wicklungssträngen 20 und 21 anstrebt. Ist eine solche sanfte Abschaltung nicht möglich, so muß man die Dioden 38 und 39 als Zenerdioden ausbilden und erhält relativ starke Funkstörungen, die in vielen Fällen unerwünscht oder sogar unzulässig sind. Ein Speicherkondensator 45 dient dazu, diese Störungen teilweise zu beseitigen.

Die Erfindung geht deshalb einen anderen Weg. Fig. 3 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung. Es soll ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß Fig. 3 zwei Varianten enthält, von denen sich die eine auf die paralleladräftige Ausführung bezieht, wie sie in Fig. 4 dargestellt ist. Eine solche Ausführung benötigt entweder nur einen sehr kleinen oder gar keinen Koppelkondensator 47, während bei einem Motor, dessen Wicklungsstränge 20, 21 nur schwach oder gar nicht gekoppelt sind, z.B. einem Motor mit eisenloser Statorwicklung, wie ihn die DE-OS 2 225 442 in Fig. 1 zeigt und bei dem die beiden Wicklungsstränge nur ganz schwach gekoppelt sind, ein entsprechend großer Kondensator 47 benötigt wird, um die in dem abzuschaltenden Wicklungsstrang gespeicherte induktive Energie zu übertragen. Der Koppelkondensator 47 kann auch selbst als Energiespeicher dienen, so daß der Speicherkondensator 45 dann nur eine Kapazität in der Größenordnung von nF zu haben braucht und nurmehr zur Unterdrückung von Funkstörungen auf den Zuleitungen 33 und 35 dient.

Zunächst wird die Version mit Koppelkondensator 47 beschrieben. Gleiche oder gleichwirkende Teile wie in den vorhergehenden Figuren werden in Fig. 3 mit denselben Bezugszeichen bezeichnet und nicht nochmals beschrieben.

Der als rotorstellungsabhängiges Sensormittel dienende Hall-IC 25 ist mit einem Anschluß an die Minusleitung 35 und mit dem anderen Anschluß über einen Widerstand 48 an die Plusleitung 33 angeschlossen. Parallel zu ihm liegt eine Zenerdiode 49, die die

Spannung am Hall-IC 25 z.B. auf 5 V regelt. Der Ausgang 50 des Hall-IC 25 ist an ein Widerstandsnetzwerk 53 mit drei Widerständen 54, 55, 56 angeschlossen. Der Widerstand 54 führt vom Ausgang 50 zur Basis eines pnp-Transistors 57, der Widerstand 55 von dieser Basis zur Plusleitung 33, und der Widerstand 56 führt vom Ausgang 50 zur Basis eines npn-Transistors 58, der ein zum Transistor 57 komplementärer Typ ist. Der Emitter des Transistors 57 ist mit der Plusleitung 33 verbunden, sein Kollektor mit dem Anschluß a1 des Wicklungsstranges 20, und antiparallel zu ihm liegt eine Freilaufdiode 59. Der Anschluß e1 des Wicklungsstranges 20 liegt an der Minusleitung 35.

Der Emitter des Transistors 58 liegt an der Minusleitung 35; sein Kollektor ist mit dem Anschluß a2 des Wicklungsstranges 21 verbunden, dessen anderer Anschluß e2 an der Plusleitung 33 liegt. Antiparallel zum Transistor 58 liegt eine Freilaufdiode 60. Zwischen den Kollektoren der Transistoren 57 und 58, also zwischen den Anschlüssen a1 und a2 der Wicklungsstränge 20 und 21, liegt der Koppelkondensator 47. Dieser ist nach der Erfindung so dimensioniert, daß er mindestens einen Teil der in den Wicklungssträngen 20 und 21 gespeicherten induktiven Energie aufnehmen kann, ohne daß sich seine Ladespannung u_c wesentlich erhöht, z.B. nicht wesentlich über die Netzspannung zwischen den Leitungen 33 und 35 hinaus.

Bezüglich der Anschlüsse a1, e1 und a2, e2 wird ausdrücklich auf die Darstellung nach Fig. 1a und 1b verwiesen. - Schaltet z.B. der Transistor 57 ein, so fließt ein Strom von a1 nach e1, und der Statorpol 16 wird ein Südpol, der Statorpol 17 dagegen ein Nordpol. Schaltet dagegen der Transistor 58 ein, so fließt ein Strom von e2 nach a2, d.h. der Statorpol 16 wird ein Nordpol und der Statorpol 17 wird ein Südpol. In der in Fig. 1 dargestellten Stellung, in der dem Hall-IC 25 ein Nordpol des Rotors 11 gegenübersteht, wird also der Transistor 57 und damit der Wicklungsstrang 20 eingeschaltet, und im umgekehrten Fall (Südpol des Rotors 11 bei Hall-IC 25) der Wicklungsstrang 21, damit

sich die Drehrichtung 14 ergibt. Wenn dem Hall-IC 25 ein Nordpol gegenübersteht, wird also sein Ausgang 50 niedrig, hat also etwa das Potential der Minusleitung 35, und deshalb sperrt der Transistor 58, und der Transistor 57 wird leitend. Steht umgekehrt dem Hall-IC 25 ein Südpol gegenüber, so wird der Ausgang 50 hoch, also positiv, der Transistor 58 wird leitend, und der Transistor 57 sperrt. Man kann also mit dem einen Ausgangssignal am Ausgang 50 die beiden Transistoren 57 und 58 über das einfache Widerstandsnetzwerk 53 gegenphasig ansteuern, d.h. die "Auswahlschaltung" 42 nach Fig. 2 reduziert sich bei der Erfindung auf drei Widerstände.

Was geschieht nun bei der Kommutierung?

Vor dem Abschalten des zu kommutierenden Transistors, z.B. des Transistors 57, liegt am Koppelkondensator 47 eine Spannung u_c , deren Polarität in Fig. 3 angegeben ist und mit der Polarität der Anschlüsse e1 und e2 übereinstimmt. (Das Potential von e1 und e2 differiert ständig um die Betriebsspannung U_B , da diese Anschlüsse an den Leitungen 33 und 35 liegen.) Diese Spannung u_c ist etwa gleich der mittleren Amplitude der Spannung, welche durch die Drehung des permanentmagnetischen Rotors 11 in den Wicklungssträngen 20, 21 induziert wird.

Sobald bei der Kommutierung durch das Abschalten des Transistors 58 der Strom i_{21} in der Wicklung 21 sich zu vermindern beginnt, steigt das Potential p_2 am Anschluß a2 an, und zwar so lange, bis es etwa um den Wert u_c positiver ist als das Potential U_B der Plusleitung 33, vergl. Fig. 5 B. Zu diesem Zeitpunkt ist durch die Kopplung der Anschlüsse a1 und a2 durch den Koppelkondensator 47 das Potential p_1 am Anschluß a1 etwa auf den Wert des Potentials U_B angestiegen, vergl. Fig. 5 B. Bei weiterer geringfügiger Überschreitung dieses Potentials U_B um mehr als 0,6 V wird die Freilaufdiode 59 leitend, und es fließt durch sie ein Strom i_{59} (Fig. 5 C) zum Speicherkondensator 45 oder in das Gleichstromnetz, wodurch die induktive Energie aus dem Wicklungsstrang 21 über diese "Energiebrücke" rekuperiert wird. Das Leitendwerden der Diode 59 verhindert ein weiteres An-

steigen des Potentials p_1 und damit - infolge der engen Wechselspannungskopplung zwischen den Punkten a1 und a2 durch den Koppelkondensator 47 - ein weiteres Anwachsen des Potentials p_2 über einen Wert hinaus, der über $(U_B + u_c)$ liegt. Vergl. Fig. 5 B. (Fig. 5 A zeigt die Ströme i_{20} und i_{21} in den beiden Wicklungssträngen 20 und 21).

Man erhält also durch die Erfindung eine Energieübertragung von dem abschaltenden Wicklungsstrang 21 über den Koppelkondensator 47 und die Diode 59 auf die Quelle der Netzspannung, z.B. die Batterie 34 der Fig. 1, oder den Speicherkondensator 45. Wesentlich hierbei ist, daß der Kondensator 47 die Potentiale der Anschlüsse a1 und a2 miteinander verklammert, d.h. wenn p_1 steigt, steigt auch p_2 , und es liegt also zwischen diesen beiden Anschlüssen immer nur die -im wesentlichen gleichbleibende - Spannung am Koppelkondensator 47, während zwischen den Anschlüssen e2 und e1 immer nur die - konstante - Betriebsspannung U_B liegt. Die Isolation der Wicklungsstränge 20 und 21 wird hierbei also nur mit einer mäßigen Gleichspannung beansprucht und in keiner Weise überlastet.

Wenn wie bei Fig. 1 die Wicklungsstränge 20 und 21 durch das Statoreisen transformatorisch gekoppelt sind, wird ein Teil der Energie vom abzuschaltenden Wicklungsstrang 21 zum Wicklungsstrang 20 (oder umgekehrt) und vom letzteren Wicklungsstrang zur Freilaufdiode 59 übertragen, d.h. man hat dann zwei "Energiebrücken", die eine über den Koppelkondensator 47, und die andere über die transformatorische Kopplung zwischen den Wicklungssträngen 20 und 21. Je nach dem Ausmaß dieser transformatorischen Kopplung muß man den Koppelkondensator 47 bemessen: Ist diese Kopplung sehr klein, wie das z.B. beim Flachmotor nach Fig. 1 der DE-OS 2 225 442 der Fall ist, so benötigt man einen großen Koppelkondensator. Bei der Anordnung nach Fig. 1 der vorliegenden Anmeldung kommt man mit einem wesentlich kleineren Koppelkondensator 47 aus. Verwendet man dagegen eine ganz enge Kopplung durch paralleladrähtiges Wickeln der beiden Wicklungsstränge 20' und 21', wie das Fig. 4 ganz schematisch zeigt, so kann der Koppelkondensator 47 ganz entfallen, da dann diese enge Kopplung die einzige "Energiebrücke" darstellen kann.

Hierbei ist besonders auf folgendes hinzuweisen: Nach der Lehre der Erfindung genügt es bei der Ausführung ohne Koppelkondensator 47 nicht allein, die beiden Wicklungsstränge in gemeinsamen Nuten unterzubringen, um sie transformatorisch miteinander zu koppeln. Der bei einer solchen Wicklungsanordnung auftretende räumliche Abstand der Wicklungsstränge bewirkt eine Streuung, die die Kopplung zwischen den Wicklungssträngen unvollständig macht. Dies ist z.B. bei der Wicklungsanordnung nach Fig. 1 der Fall, so daß bei der Schaltung nach Fig. 2, die von dieser Wicklungsanordnung Gebrauch macht, die Energieübertragung, insbesondere bei schnellen Schaltvorgängen, unvollkommen ist und Spannungsspitzen an dem abschaltenden Wicklungsstrang entstehen. Dagegen ist die Kopplung sehr gut, wenn die Wicklungsstränge gemeinsam als Bifilarwicklung gewickelt werden, so daß sie ineinander vermischt sind und die transformatorische Streuung praktisch völlig unterdrückt wird.

Bei einer solchen Bifilarwicklung in Kombination mit der erfindungsgemäßen Schaltung tritt überraschend der Effekt auf, daß zwischen den beiden Wicklungssträngen 20', 21' im wesentlichen eine Gleichspannung als Differenzspannung entsteht, deren Größe an den Wicklungsenden e1, e2 gleich der Betriebsspannung U_B ist, und deren Größe an den Wicklungsenden a1, a2 etwa der Amplitude der Spannung entspricht, die von dem rotierenden permanentmagnetischen Rotor im Betrieb in den Wicklungssträngen induziert wird, und der eine kleine Wechselspannung überlagert sein kann. (Die Amplitude dieser induzierten Spannung beträgt ca. 50 ... 70 % der Betriebsspannung.) - Die auftretende kleine Wechselspannung kann durch einen zwischen die Kollektoren der Transistoren 57 und 58 geschalteten Koppelkondensator 47 unterdrückt oder wenigstens hinsichtlich ihrer Flankensteilheit beliebig geglättet werden, so daß sie die Isolation weit weniger gefährdet als eine Rechteckspannung großer Amplitude und hoher Flankensteilheit.

Selbstverständlich erfolgt - wegen der Symmetrie der Schaltung - die Übertragung der induzierten Energie aus dem abzuschaltenden

Wicklungsstrang 20 (bzw. 20') zur Diode 60 in genau analoger Weise, vergl. die Darstellung in Fig. 5 B, ohne daß dies nochmals ausführlich beschrieben werden muß: Die in dem Wicklungsstrang 20 (oder 20') gespeicherte Energie wird über den Koppelkondensator 47 und/oder die transformatorische Kopplung, sowie die Diode 60 auf die Quelle der Betriebsspannung oder den Speicherkondensator 45 übertragen.

Bei einer Betriebsspannung von 24 V ergeben sich für einen Motor mit 4 W Leistungsaufnahme und 3000 U/min folgende Werte für die Schaltung der Fig. 3 bei Wicklung gemäß Fig. 1, also zwei getrennt Wicklungen für die Wicklungsstränge 20 und 21, wobei $R = 0\Omega$ und $k = k0\Omega$:

Zenerdiode 49:	5,1 V
Hall-IC 25 :	TL 170
Widerstand 54:	2,2k
Widerstand 55:	100 R
Widerstand 56:	5,1k
Widerstand 48:	3,3k
Kondensatoren 45 und 47:	22 μ F
Transistor 57:	BD 136
Transistor 58:	BD 135
Dioden 59, 60:	1N4148.

Man erkennt auch aus dieser Aufstellung, daß sehr wenige Bauteile benötigt werden, was gerade für die Verwendung in Gerätelüftern mit kurzer axialer Baulänge von größter Wichtigkeit ist, da dort für den Einbau der Elektronik in den Motor selbst nur sehr wenig Platz verfügbar ist.

Wie bereits erläutert, besteht ein weiterer wichtiger Vorteil der erfindungsgemäßen Anordnung darin, daß die beiden Transistoren 57 und 58 mit rechteckförmigen Signalen einschaltbar sind, welche die gleiche Phasenlage zueinander haben und sich im wesentlichen nur in ihrem Gleichspannungspotential unterscheiden müssen.

Die beiden Ansteuersignale für die Transistoren 57 und 58 können daher ohne zwischengeschaltete Phasenumkehrstufe gebildet werden, z.B. wie dargestellt aus dem einzigen Ausgangssignal des Hall-IC's 25 über ein geeignet dimensioniertes Widerstands-Netzwerk 53. Damit ermöglicht die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung eine sehr einfache und kostengünstige Ansteuerschaltung.

Bei der Anordnung nach Fig. 3 sind die Basen der Transistoren 57 und 58 gleichspannungsmässig direkt über Widerstände verbunden. Im Rahmen der Erfindung hat es sich gezeigt, daß eine gleichspannungsmässige Entkopplung dieser Basen verschiedene Vorteile bringt. Eine solche bevorzugte Trennung der Gleichspannungspotentiale an den Basen der Endstufentransistoren ist in den Fig. 6 und 7 dargestellt. Gleiche oder gleichwirkende Teile wie in den vorhergehenden Figuren werden in diesen Figuren mit denselben Bezugszeichen bezeichnet und gewöhnlich nicht nochmals beschrieben.

Der Anschluß des Hall-IC 25 ist in beiden Fällen gleich wie bei Fig. 3.

Bei Fig. 6 ist ein Anpassungs-Netzwerk 65 aus drei Widerständen vorgesehen, und zwar führt vom Ausgang 50 ein Widerstand 66 zur Plusleitung 33, ein Widerstand 67 in Reihe mit einem Kondensator 68 zur Basis eines pnp-Transistors 69, welche Basis über einen Ableitwiderstand 70 mit der Plusleitung 33 verbunden ist, an der auch der Emitter des Transistors 69 liegt. Ferner führt vom Ausgang 50 ein Widerstand 73 in Reihe mit einem Kondensator 74 zur Basis eines npn-Transistors 75, die auch über einen Ableitwiderstand 76 mit der Minusleitung 35 verbunden ist, an der auch der Emitter dieses Transistors liegt. Der Kollektor des Transistors 69 ist mit dem Anschluß a1 des Wicklungsstranges 20 (oder 20' nach Fig. 4) verbunden, der Kollektor des Transistors 75 mit dem Anschluß a2 des Wicklungsstranges 21 (oder 21' nach Fig. 4). Die Freilaufdioden 59 und 60 sind wie bei Fig. 3 antiparallel zu den zugeordneten Transistoren 69 bzw. 75 geschaltet.

Zwischen den Anschlüssen a1 und a2 liegt der Koppelkondensator 47.

Wenn beim Anlaufen z.B. dem Hall-IC 25 ein Nordpol gegenübersteht, wie das Fig. 1 zeigt, wird sein Ausgangspotential niedrig, nimmt also etwa das Potential der Minusleitung 35 an. Es fließt deshalb ein Ladestrom über die Emitter-Basis-Strecke des Transistors 69 zum Kondensator 68, lädt diesen mit der angegebenen Polarität auf, und macht den Transistor 69 leitend, so daß ein Strom im Wicklungsstrang 20 (oder 20' nach Fig. 4) fließt. Wird dieser Strom anschließend abgeschaltet, so wird wie bereits beschrieben die Energie aus dem Wicklungsstrang 20 über die transformatorisch Kopplung, den Koppelkondensator 47 und die Diode 60 rekuperiert. Anschließend wird dann der Transistor 75 leitend gesteuert, und in dieser Zeit entlädt sich der Kondensator 68 teilweise über die Widerstände 66, 67 und 70. Analoges geschieht beim Kondensator 74. Die Widerstände 70 und 76 dienen auch dazu, evtl. Lackströme der Kondensatoren 68 und 74 abzuleiten. Im Betrieb nehmen beide Kondensatoren 68 und 74 ständig eine Ladung an, welche durch die beschriebenen Lade- und Entladevorgänge etwas schwankt, aber insgesamt ein relativ gleichmässiges Potential an diesen Kondensatoren bewirkt, z.B. von einigen Volt, d.h. diese Kondensatoren haben im Betrieb die Funktion von kleinen Batterien, welche bewirken, daß die Transistoren 69 und 75 sicher sperren. Ersichtlich wird der Kondensator 74 mit der umgekehrten Polarität aufgeladen wie der Kondensator 68. Wird der Rotor 11 blockiert, so erhält der gerade leitende Transistor 69 oder 75 nur noch so lange Strom, bis der zugeordnete Kondensator 68 oder 74 voll aufgeladen ist. Dann wird dieser Transistor, und mit ihm der Motor 10, stromlos, was ein zusätzlicher Vorteil dieser Anordnung ist. - Die Diode 77 in der Plusleitung 33 dient zur Sicherung gegen einen Anschluß des Motors mit falscher Polarität.

Die Schaltung nach Fig. 6 kann bei 24 V Betriebsspannung und einem Motor mit 4 W Leistungsaufnahme bei 3000 U/min wie folgt dimensioniert werden, wobei auch hier $k = k\Omega$ ist:

Zenerdiode 49	:	5,1 V
Hall-IC 25	:	TL170
Widerstand 48	:	3,3k
Widerstand 66	:	1,2k
Widerstände 67, 73	:	5,1k
Widerstände 70, 76	:	22k
Kondensatoren 68, 74, 45:		15 μ F
Kondensator 47	:	10 μ F
Transistor 69	:	BD 136
Transistor 75	:	BD 135
Dioden 59, 60	:	1 N 4148.

Die Größe des Kondensators 47 hängt wie beschrieben von der Größe der transformatorischen Kopplung ab.

Manchmal stört in der Praxis die etwas große Baugröße der Kondensatoren 68, 74. Fig. 7 erlaubt die Verwendung kleinerer Kondensatoren und ist für die Wicklungsart nach Fig. 4 ausgelegt, also für eine paralleladräftige Wicklung (sogenannte "bifilare" Wicklung), benötigt also keinen oder nur einen sehr kleinen Koppelkondensator zwischen den Anschlüssen a1 und a2 der Wicklungsstränge 20' und 21'.

Statt der einfachen Transistoren 69 und 75 nach Fig. 6 werden hier komplementäre Darlingtontransistoren 80, 81 verwendet, und zwar bevorzugt solche Typen, welche die Ableitwiderstände 80', 81' und die Freilaufdioden 80'', 81'' bereits enthalten. Da die Darlingtontransistoren eine wesentlich größere Stromverstärkung haben als einfache Transistoren, können sie auch mit RC-Gliedern höherer Impedanz angesteuert werden.

Das als Anpassungsglied dienende Widerstandsnetzwerk 82 ist hier im Prinzip gleich aufgebaut wie das Netzwerk 65 der Fig. 6. Zwischen dem Ausgang 50 und einem Knotenpunkt 83 wird bei höheren Betriebsspannungen (über 30 V) eine Zenerdiode 84 geschaltet, z. B. bei einer Betriebsspannung bis 60 V eine Zenerdiode 84 für 30 V, um den Hall-IC 25 an seinem Ausgang 50 vor zu hohen Spannungen zu schützen. (Bei Spannungen unter 30 V entfällt diese Zenerdiode; sie kann analog auch bei den Anordnungen nach den

Fig. 3 und 6 verwendet werden). Der Knotenpunkt 83 ist über einen Widerstand 85 mit der Plusleitung 33, über einen Widerstand 86 in Reihe mit einem Kondensator 87 mit der Basis des Transistors 80, und über einen Widerstand 88 in Reihe mit einem Kondensator 89 mit der Basis des Transistors 81 verbunden. Zwischen dem Kollektor und der Basis der Transistoren 80 und 81 liegt jeweils ein kleiner (Miller-) Kondensator 91 bzw. 92 zur Unterdrückung von HF-Störungen. Der Emitter des pnp-Transistors 80 ist auch hier mit der Plusleitung 33, sein Kollektor mit dem Anschluß a1 des Wicklungsstranges 20' verbunden, und der Emitter des npn-Transistors 81 ist mit der Minusleitung 35 verbunden, während sein Kollektor mit dem Anschluß a2 des Wicklungsstranges 21' verbunden ist.

Die Arbeitsweise ist mit der von Fig. 6 identisch, d.h. auch hier laden sich die Kondensatoren 87 und 89 im Betrieb mit der in der Zeichnung angegebenen Polarität auf und wirken als kleine Batterien, welche ein sicheres Sperren der Transistoren 80 und 81 gewährleisten und gleichzeitig bei Blockieren des Rotors 11 ein rasches Abschalten bewirken.

Die von Fig. 6 abweichenden Bauelemente können bei einem Motor für 24 V, 3000 U/min, und einer Leistungsaufnahme von 4 W folgende Werte haben:

Zenerdiode 84	:	nicht erforderlich
Widerstand 85	:	3,3k
Widerstände 86, 88	:	10 k
Kondensatoren 87, 89	:	4,7 μ F
Kondensatoren 91, 92	:	100...220 pF
Transistor 80	:	BD 678
Transistor 81	:	BD 677.

Man erkennt aus dieser Aufstellung, daß diese bevorzugte Anordnung mit "bifilarer" Wicklung besonders wenige und besonders kleine Bauelemente benötigt und daher nach dem derzeitigen Stand der

Erkenntnis eine optimale Lösung darstellt.

Bei einer Betriebsspannung von beispielsweise 24 V beträgt die Amplitude der Rechteckspannung zwischen den Teilwicklungen bei der Schaltung nach der DE-OS 2 239 167 ca. 36 bis 44 V. Bei einer erfindungsgemäßen Schaltung dagegen liegt zwischen den Teilwicklungen bei gleicher Betriebsspannung und gleichen sonstigen Verhältnissen eine Gleichspannung von ca. 12 bis 24 V, der eine geringe Wechselspannungskomponente von ca. 2 bis 5 V überlagert sein kann. Eine solche Differenzspannung kann isolationstechnisch als gut beherrschbar angesehen werden, und da hochfrequente Wechselspannungsanteile völlig eliminiert werden können, ist auch über längere Zeit keine Schädigung der Isolation zu befürchten, d.h. man erhält durch die Erfindung bei einfachstem Aufwand einen Motor mit einer sehr großen Betriebssicherheit und langer Lebensdauer.

Wenn ein Motor 4 oder 6 Stränge hat, wird die gesamte Anordnung einfach doppelt oder dreifach verwendet, wobei natürlich die Sensoren am Statorumfang entsprechend versetzt werden müssen, bei einem vierpulsigen Motor z.B. um 90° el., wie das aus vielen Veröffentlichungen bekannt ist.

Die Wicklungsenden wurden nach folgender Konvention mit Punkten gekennzeichnet: Wenn sich bei einem Motor der permanentmagnetische Rotor dreht, werden in den Wicklungen Spannungen induziert, die üblicherweise phasengleich sind. Wenn z.B. bei zwei Wicklungssträngen mit den Anschlüssen a1 - e1 bzw. a2 - e2 zum gleichen Zeitpunkt an den Anschlüssen a1 und a2 jeweils eine positive Spannung, an e1 und e2 dagegen jeweils eine negative Spannung induziert wird, werden a1 und a2 als gleichwirkend jeweils mit einem Punkt gekennzeichnet. Der Punkt bedeutet also: Gleichwirkendes Wicklungsende innerhalb des Systems (Motors).

Bei der Ausführungsform nach Fig. 7, also ohne Koppelkondensator 47 oder mit einem nur sehr kleinen Koppelkondensator 47 ergibt sich ferner der große Vorteil, daß eine kurzzeitige zeitliche Überlappung der Ströme in den Transistoren 80 und 81 nicht stört, während eine solche zeitliche Überlappung bei der Schaltung nach Fig. 6 eine Serienschaltung der geladenen Kondensatoren 45 und 47 bewirken würde und dadurch zu einer Zerstörung der Transistoren 69 und 75 führen könnte.

-A1-

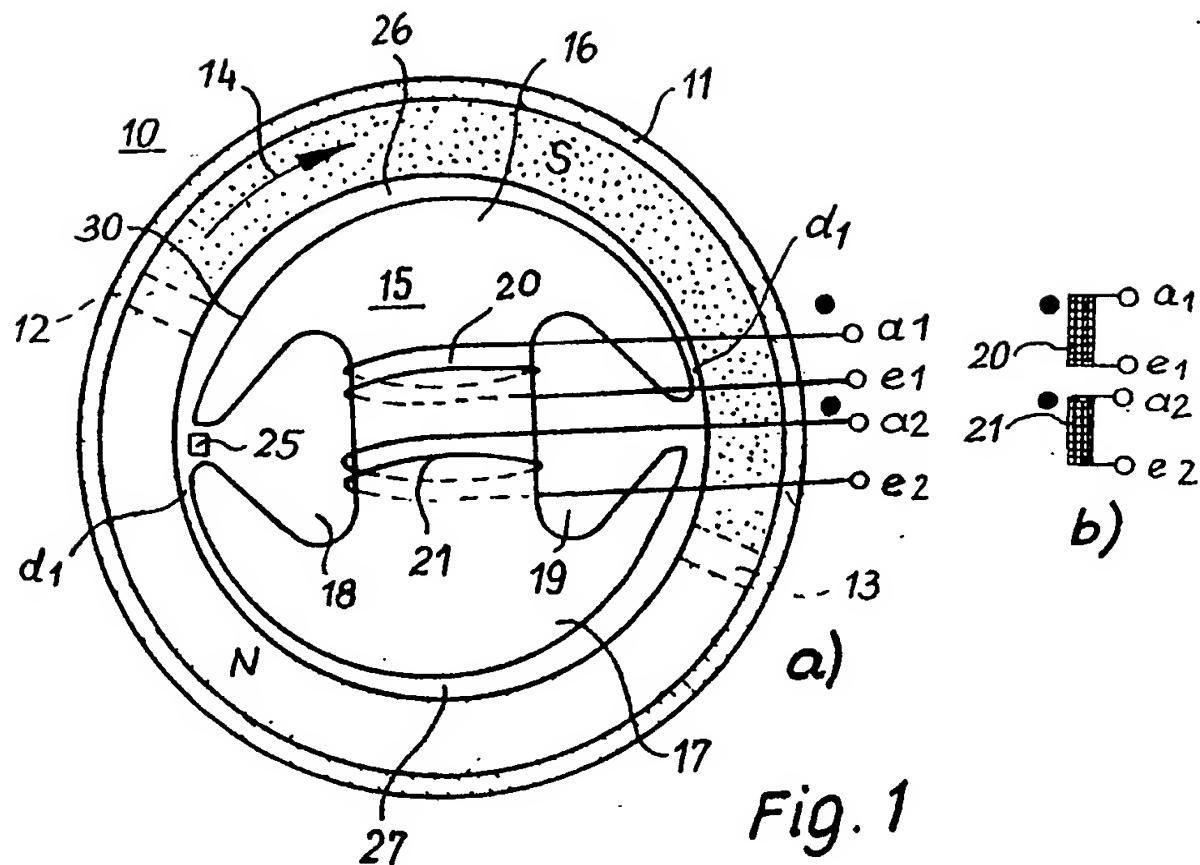


Fig. 1

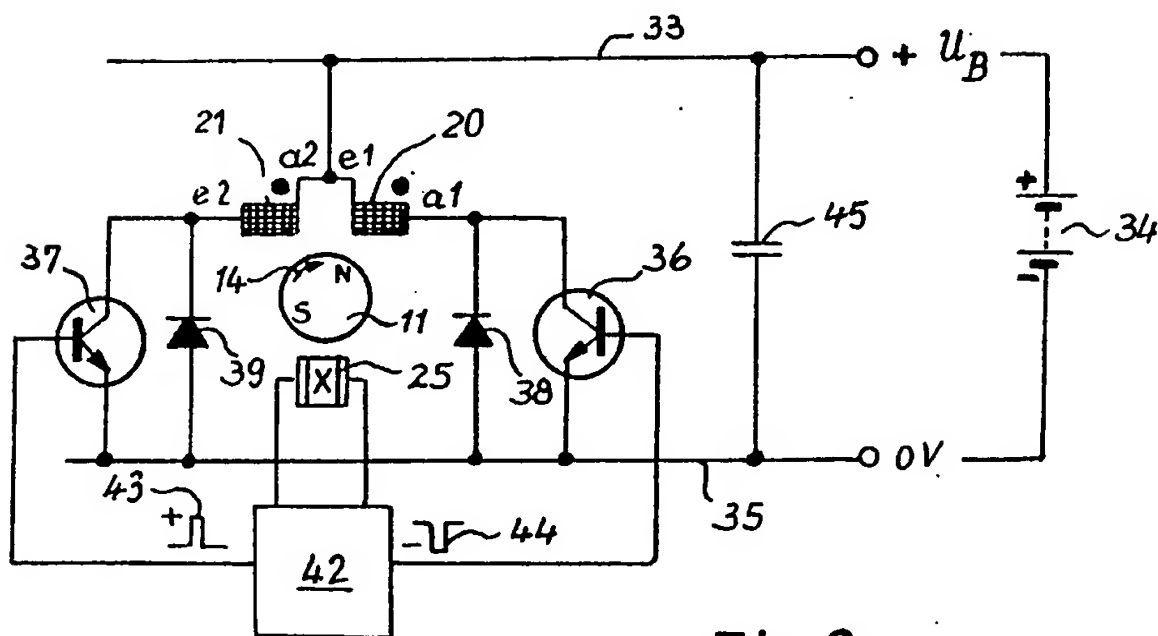
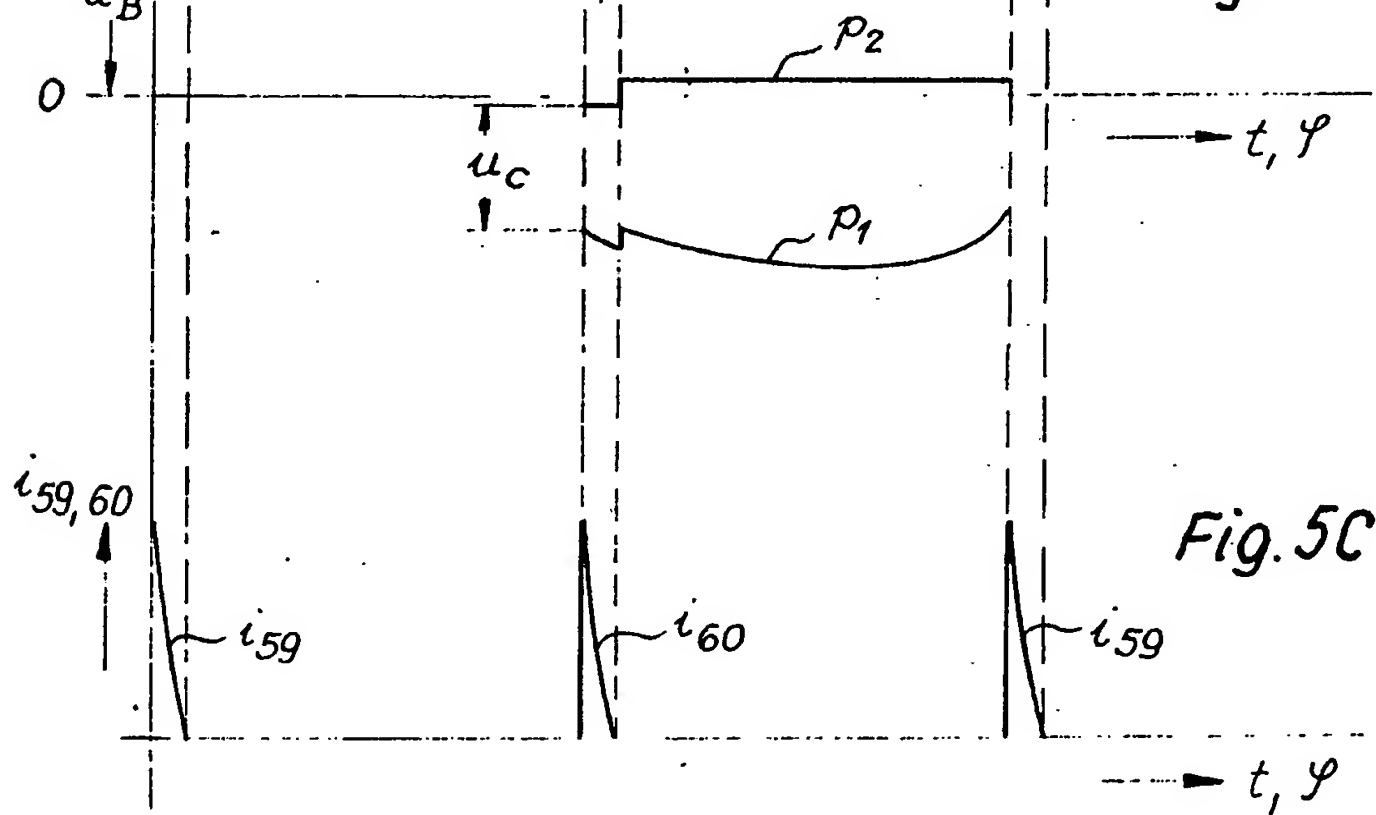
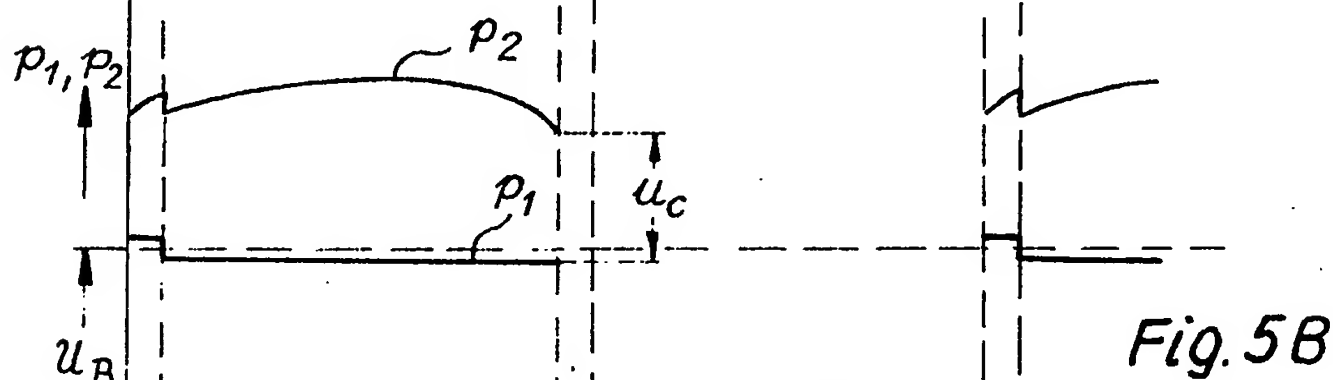
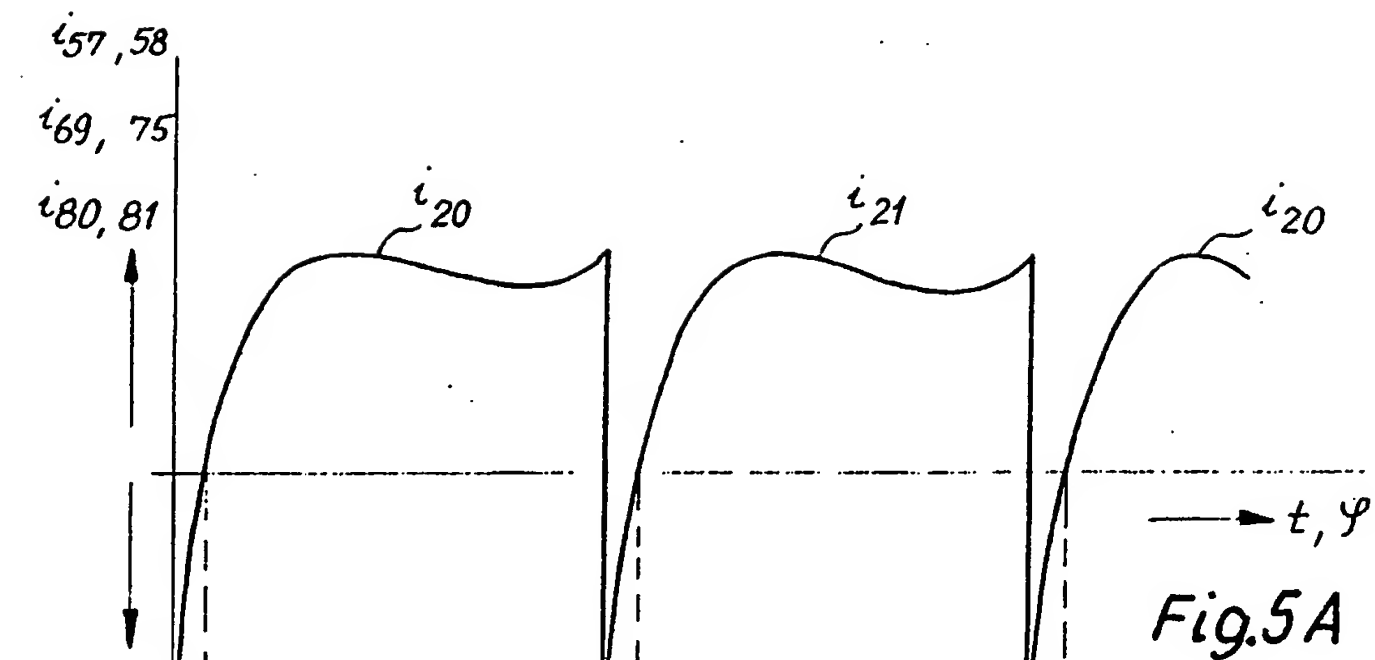


Fig. 2



130039/0672

